

## EVALUACION DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS VESICULO ARBUSCULARES (MVA) EN LA ETAPA DE ALMACIGO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.), EN TUMACO, NARIÑO.

William Ballesteros Possú<sup>1</sup>

Alberto Unigarro<sup>2</sup>

Camila Elizabeth Cadena Ortega<sup>3</sup>

Jesús Alfredo Cadena Ortega<sup>3</sup>

### RESUMEN

El presente estudio se realizó en el vivero del Centro de Investigaciones El Mira CORPOICA, Ubicado en el municipio de Tumaco, Nariño. En el centro predominan condiciones ecológicas de bosque húmedo tropical (bh-T), con una altura de 16 msnm, precipitación promedio anual de 3000 mm, temperatura de 26°C, humedad relativa de 88% y brillo solar 1000 horas/año.

Se determinó el porcentaje de infección por MVA en raíces, la materia seca y la absorción de fósforo en plantas. Se tomó sustrato de suelos dedicados al cultivo, utilizando cepas nativas y cepas introducidas de *GLomus*, *G. fasciculatum* y *Acaulospora*, dos dosis de fósforo (50 y 500 kg/ha) y dos tratamientos al suelo (esterilizado y sin esterilizar). Se utilizó un diseño DIA con cuatro réplicas, 24 tratamientos y cuatro plantas por unidad experimental.

El mayor porcentaje de infección en raíces de cacao lo presentó *GLomus* + 50 kg de P/ha (T4), en las mayores alturas en cacao lo alcanzaron los tratamientos con *GLomus* + 500 kg de P/ha en suelo estéril y sin esterilizar (T5 y T6).

La absorción de P fue mayor en los tratamientos *GLomus* + 500 kg P/ha en suelo estéril y *Acaulospora* + 500 kg P/ha en suelo sin esterilizar (T5 y T12); el peso de materia seca de la parte aérea de las plantas, el mayor promedio en cacao fue alcanzado por *Acaulospora* + 500 kg/ha en suelo sin esterilizar, *G.fasciculatum* + 50 kg de P/ha en suelo estéril y *G. fasciculatum* + 500 kg P/ha en suelo sin esterilizar (T12, T15 y T18), en el peso de materia seca de las raíces el mayor promedio en cacao lo reportó *GLomus* + 50 kg P/ha (T4).

**Palabras clave:** micorrizas, *GLomus*, *G. fasciculatum*, *Acaulospora*, cacao, porcentaje de infección.

### SUMMARY

Present study was carried in the nursery of the Research Center - El Mira, CORPOICA, located in the municipality of Tumaco, Nariño. where ecological conditions of tropical humid forest (bh-T) prevail: altitude of 16 m.a.s.l., Precipitation average yearly of 3000 mm, average temperature of 26°C, relative moisture of 88% and sun shine of 1000 hr/year.

---

<sup>1</sup> Profesor Asistente, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño

<sup>2</sup> Laboratorista, Universidad de Nariño

<sup>3</sup> Estudiante de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Nariño

Infection percentage by MVA, dry matter production and Phosphorus absorption in plants were determined, out of soils from cultivated areas, using native and introduced strains of *GLomus*, *G. fasciculatum* and *Acaulospora*, with two dose of Phosphorus (50 and 500 kg/ha) and two treatments to soil (sterilized and without sterilization). The experiment was carried out using a completely random design, with four repetitions, 24 treatments and four plants as experimental unit.

Highest infection percentage in roots of cocoa was presented by *GLomus* + 50 kg of P/ha; biggest heights was reached with *GLomus* + 500 kg of P/ha both sterile and non-sterile soil, and in borjón the treatment *Acaulospora* in soil non-sterilized.

Absorption of P was higher in treatments *GLomus* + 500 kg P/ha in soil non-sterilized. For dry matter in the aerial part, the highest average was obtained with *Acaulospora* + 500 kg P/ha in soil non-sterilized, *G.fasciculatum* + 50 kg of P/ha in sterilized soil and *G. fasciculatum* + 500 kg/ha non-sterilized soil. Dry matter of the roots was influenced by *GLomus* + 50 kg P/ha.

**Key words:** micorrizas, *GLomus*, *G. fasciculatum*, *Acaulospora*, cocoa, infection percentage.

## **INTRODUCCIÓN**

El conocimiento y la caracterización de las relaciones simbióticas mutualistas entre organismos edáficos y plantas, es una perspectiva de trabajo que plantea alternativas de desarrollo e implementación de buenas prácticas agrícolas, en las que el aporte de los recursos nutricionales para la planta como resultado de la simbiosis, da lugar a una ventajosa producción agrícola sin deterioro de la calidad del suelo y su potencial de utilización. Así los sistemas de inoculación y manejo cultural de hongos micorrícicos, son tecnologías ecológicamente racionales y aparecen como una de las prácticas biológicas más promisorias e innovativas para los sectores agrícola y forestal.

Estudios adelantados con chontaduro, plátano, yuca, cacao y frutales en la Costa Pacífica del departamento de Nariño, han demostrado que existen varios limitantes relacionados con el manejo fitosanitario, agronómico y de comercialización de estos cultivos; limitantes que pueden ser abordados implementando diferentes estrategias, con miras al aumento de los niveles de productividad y manejo sostenible, que dependen en gran medida de los procesos de producción implementados.

Uno de los limitantes para el aumento de la productividad en el municipio de Tumaco, es la baja disponibilidad de fósforo aprovechable en los suelos, los cuales se clasifican como oxisoles, de textura arcillosa, con alta concentración de aluminio, lo que hace que el pH sea bajo y tengan por lo tanto, un carácter ácido que dificulta la disponibilidad de fósforo y de otros elementos. Una manera de lograr mayor suministro

de fósforo a las plantas puede ser a través de la simbiosis radical con hongos formadores de micorrizas vesículo arbusculares (MVA), aspecto que ha sido poco estudiado en la región.

Las asociaciones simbióticas establecidas por las plantas y los hongos pertenecientes a los *Zigomicetes*, orden de los *Glomales*, más conocidos como micorrizas vesículo arbusculares, son consideradas en la actualidad como biofertilizantes, bioprotectores y biorreguladores para la mayoría de las cultivos y hacen parte del manejo integrado de suelos y plagas, así como del manejo de los materiales propagados en el área de la Biotecnología Vegetal (Guillermin *et al.*, 1992, citado por Guerrero, 1996, 24).

En cuanto más alta es la concentración de fósforo en una planta más bajo es el contenido de carbohidratos solubles en la raíz y sus exudados, la frecuencia de puntos de entrada del hongo formador MVA de la raíz es baja; en igual forma se observa una disminución de vesículas, arbusculos e hifas. Al aplicar cantidades altas de fósforo, disminuye la eficiencia de la asociación hongo - raíz (Borie y Barea, 1991, 237).

La acción directa de los fertilizantes sobre el desarrollo preinfectivo del hongo en la formación de MVA indica que ni la germinación, ni el posterior desarrollo de las hifas se ven afectadas por la concentración del fósforo del medio, lo que hace deducir que la inhibición de la micorrización se produce fundamentalmente a través de la planta (Sánchez de Prager, 1999, 84).

En diferentes estudios se ha demostrado que la mayor colonización de la raíz por los hongos formadores de MVA y su efecto más marcado, ocurre en los suelos con baja disponibilidad de P; por el contrario, existe correlación negativa entre la alta disponibilidad de P y la actividad de la MVA (Sieverding, 1991; Bolan, 1991).

En términos generales, todo parece indicar que la combinación equilibrada de los nutrientes favorece la actividad funcional de la MVA, situación que va a depender del tipo de suelo, planta trampa, microsimbionte y manejo del cultivo, lo cual torna las situaciones específicas (Gianinazzi - Pearson y Azcón - Aguilar, 1991; Sieverding, 1991; Barea 1999, Jeffries y Heidi *et al.*, 1997, citados por Zambrano, 2002,2).

En el ámbito mundial, se reportan múltiples experiencias a cerca de los beneficios de las micorrizas vesículo arbusculares (MVA) sobre especies frutales, donde frecuentemente se compara el crecimiento de plantas micorrizadas, con no micorrizadas, estas diferencias son atribuibles a una mayor absorción de nutrientes, mayores niveles de producción de hormonas y mayores contenidos de clorofila (Gadar, Acuasthi, y Kaith, 1996; Lovelock, Kylo *et al.*, 1997, citados por Corredor, 2002, 6).

En especies frutales como lulo (*Solanum quitoense* Lam.), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt), Curuba (*Passiflora mollissima* HBK) y granadilla (*Passiflora ligularis* L). En etapa de vivero, Gironza y Mamiam (1988) observaron la respuesta a la inoculación con hongos micorrícicos vesículo arbusculares y niveles de fertilización en suelo natural y desinfectado previamente.

Se utilizó suelo de la hacienda San Emigdio (Valle del Cauca) con pH de 4,7 y 1,5 ppm de P disponible; hubo diferencias estadísticas a favor de los tratamientos donde se

utilizó inoculación y se desinfectó el suelo, con excepción de la granadilla donde el mejor resultado se obtuvo en el suelo natural.

Sieverding (1991, 64), en estudios con micorrizas nativas también encontró que el género *GLomus* estaba presente en la mayoría de especies estudiadas y lo catalogó como una de las MVA más competitivas y efectivas para el crecimiento de las plantas, ayudando a tomar el P, incremento de raíces, alto porcentaje de colonización y que conserva su efectividad en ensayos de invernadero, tolera la aplicación de fertilizantes fosfatados y su mayor efectividad se presenta en pH de 5 a 6.

Ruiz (1992, 14) desarrollo dos experimentos para definir las cepas de las micorrizas más eficientes para el cultivo de plátano (*Musa spp*) y el uso combinado de fertilizantes, como estimuladores de crecimiento se estudiaron seis cepas de micorrizas y los mejores fueron: *GLomus fasciculatum*, *Acaulospora escrobiculata*, *GLomus méxico*, las que produjeron incrementos del peso seco (Ps) de 50,39 y 38% con respecto al testigo sin inocular, en el experimento combinado los mejores tratamientos fueron: fosforina y micorrizas más fosforina que produjeron un incremento del Ps de 17,11 y 6% respectivamente, con respecto al testigo sin inoculo.

Mosquera (1984) citado por Sieverding (1983, 154), al estudiar la repuesta de la inoculación con MVA sobre el frijol carioca a la fertilización fosfórica, el demuestra que la aplicación de fósforo a razón de 50 a 100 kg/planta estimula la infección de las raíces de frijol, aumentando la producción por vainas y materia seca, además que la absorción del fósforo en todos sus niveles fue mayor con respecto a las plantas no inoculadas. Por su parte, Sieverding y Toro (1986), en la región de Mondomo, (Cauca), inocularon plantas de Café variedad Caturra con algunas especies de MVA; registraron que las sometidas a ésta práctica eran 46% más altas que las no micorrizadas, y que las inoculadas con *GLomus occultum* eran las más vigorosas en el campo.

Forero *et al.*, (1999) al realizar, una evaluación cuantitativa de hongos formadores de micorrizas arbusculares en malezas de clima medio, encontraron que hay una gran variación en la capacidad de las MVA, de las especies que se encuentran de forma natural en los suelos, para producir infección, el porcentaje de infección de las raíces en las malezas seleccionadas fluctuó entre 10 y 95 %, lo cual indica una alta variabilidad en la capacidad de infección de las MVA nativas y posiblemente cierta especificidad de las mismas.

En Tumaco, Colombia, un estudio de campo realizado por la CVC sobre investigaciones de la presencia de micorrizas en cinco combinaciones agroforestales ubicadas en zonas de los ríos Chagui y Rosario, permitió determinar que la especie con mayor presencia de esporas fue el chontaduro con 47 esporas/g/suelo, siendo los hongos de mayor importancia de dicha asociación del genero *GLomus* (Reyes, 1997, 54).

Escobar y López (1996), al evaluar, la interacción fuentes de fósforo y MVA en la infección y en los componentes de rendimiento de materiales de trigo en Imués, Nariño, reportan que hubo respuesta de las diferentes variedades de trigo a la inoculación de MVA manifestando incrementos considerables en las variables rendimiento, peso de mil granos y granos por espiga.

Burbano y Urbano (1992), demostraron que en plantas de Café (*Coffea arabica*) las plantas inoculadas con MVA nativas, a los tres y seis meses se incrementó la altura y la materia seca respecto a los que no se inocularon, siendo las mejores fuentes de inóculo, las obtenidas de la variedad Caturra y Typicas y al estudiar la respuesta del fósforo, los resultados demuestran que a la aplicación de 6.9 g de  $P_2O_5$  se estimula mejor la infección de las raíces.

Erazo y Ortiz (2000), en la determinación de micorrizas en Laurel de cera (*Myrica pubescens*) en el municipio de San Pablo, Nariño, encontraron porcentajes de infección en campo de 26,66 y 4,16%, los cuales consideraron como heterogéneos y bajos; siendo el género más frecuente *GLomus* (94,11%), así mismo Sánchez De Prager (1997) citado por Erazo y Ortiz (2000), reporta que en frutales esta infección fluctúa entre 54 y 57% siendo valores relativamente altos.

## METODOLOGÍA

**Localización.** El presente estudio se realizó en el vivero del Centro de Investigaciones El Mira CORPOICA, ubicado en Tumaco, municipio de Nariño, en el cual predominan condiciones ecológicas de bosque húmedo tropical (bh-T), con una altura de 16 msnm. Precipitación promedio anual de 3000 mm, temperatura de 26° C, humedad relativa de 88% y brillo solar 1000 horas/año, (Ortega y Valencia, 2004, 15).

**Diseño Experimental.** Se estableció un diseño irrestrictamente al azar (DÍA), con 24 tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 96 unidades experimentales; los tratamientos resultaron de la combinación de tres cepas de micorrizas (*GLomus sp*, *GLomus fasciculatum* y *Acaulospora*), con tres dosis de fósforo por ha (0, 50 y 500 kg P/ha) y dos tipos de suelos (suelo sin esterilizar y suelo esterilizado), resultando 4X3X2; se estableció la parcela experimental con los tratamientos con 4 plantas por unidad experimental, para un total de 384 plantas/especie, correspondiendo a parcela útil 192 plantas; las restantes fueron utilizadas para disminuir el efecto borde. Las cepas puras fueron adquiridas en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), inoculando aproximadamente 1 gramo de sustrato con esporas, 384 g por unidad experimental en cada tratamiento.

El suelo fue recolectado en fincas cacaoteras del municipio de Tumaco, a éste se le hizo un análisis químico-físico y sin realizar una fertilización basal, sin incluir en dicha fertilización fósforo, la cual correspondió a los diferentes tratamientos planteados. La mitad del sustrato fue esterilizado en autoclave en 1 atmósfera de presión a 120°C durante 1 y 30 minutos, luego se dejó enfriar y airear durante tres días para posteriormente llenar las bolsas para el almácigo en las instalaciones de CORPOICA.

**Transplante e inoculación.** Cuando las plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el germinador alcanzaron una altura promedio de 5cm, se seleccionaron y se introdujeron en una suspensión micorrizica durante un minuto y se transplantaron a las bolsas que contenían el sustrato preparado.

La aplicación del fósforo se hizo en tres niveles en los sustratos, el primero: 0, 50 y 100 kg de  $P_2O_5$ /ha en forma de SPT, el cual se aplicó incorporado al suelo; después

de 15 días del transplante se aplicaron los elementos N, K, Mg, Zn, Bo , alrededor de las plantas.

**VARIABLES EVALUADAS.** Porcentaje de infección, Altura de plantas en (cm), Peso de materia seca de parte aérea (g), Peso de materia seca de la parte radicular (raíz) y Contenido de fósforo del tejido vegetal en la parte aérea.

**Porcentaje de infección por HMA en raíces (en láminas).** Para evaluar ésta variable se tomó 1g de raíces y se procedió a determinar el porcentaje de colonización por HVA mediante la metodología descrita por Sieverding (1983) y utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de infección (\%)} = \frac{\text{Número de campos infectados}}{\text{Número de campos totales observados}} \times 100$$

**Análisis estadístico.** Las variables: altura de las plantas, el porcentaje de infección por HMA, materia seca de la parte aérea y raíces, al igual que el contenido de fósforo en el tejido foliar se analizaron utilizando el programa S.A.S versión 8.0 para un diseño DIA; con agrupación de los 24 tratamientos en conjuntos distribuidos en 13 contrastes no ortogonales.

Cuando los grupos tratamientos presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza, se realizaron comparaciones de promedios para determinar el mejor grupo y dentro de los grupos se realizaron comparaciones individuales de promedios de tratamientos al 95% de probabilidad. Los contrastes se describen a continuación:

CONTRASTE	DESCRIPCIÓN	TRATAMIENTOS
C1	Fósforo Vs Micorrizas	T21, T22, T23, T24 Vs t1, t2, t7, t8, t13, t14
C2	<i>GLomus</i> Vs <i>Acaulospora</i>	T1, T2 Vs T7, T8
C3	Gloms Vs <i>G. fasciculatum</i>	T1, T2 Vs T13, T14
C4	<i>Acaulospora</i> Vs <i>G. Fasciculatum</i>	T7, T8 Vs t13, t14
C5	Sin micorrizas Vs con Micorrizas	T19, T20 Vs T1, T2, T7, T8, T13, T14
C6	<i>GLomus</i> + 50 Kg P ha Vs <i>Acaulospora</i> 50 Kg P ha	T3, T4 Vs T9, T10
C7	Gloms + 50 Kg P ha Vs <i>G. fasciculatum</i> +50 Kg P ha	T3, T4 Vs T15, T16
C8	<i>Acaulospora</i> + 50 Kg P ha Vs <i>G. Fasciculatum</i> + 50 Kg P ha	T9, T10 Vs T15, T16
C9	<i>GLomus</i> + 500 Kg P ha Vs <i>Acaulospora</i> 500 Kg P ha	T5, T6 Vs T11, T12
C10	Gloms + 500 Kg P ha Vs <i>G. fasciculatum</i> +500 Kg P ha	T5, T6 Vs T17, T18
C11	<i>Acaulospora</i> + 500 Kg P ha Vs <i>G. Fasciculatum</i> +500 Kg P ha	T11, T12 Vs T17, T18
C12	Suelo estéril + micorrizas Vs Suelo sin esterilizar + micorrizas	T1, T7, T13, T19 Vs T2, T8, T14, T20
C13	50 Kg de P ha Vs 500 Kg P ha	T21, T22 Vs T23, T24

## RESULTADOS

**Porcentaje de infección de raíces.** Al realizar los contrastes ortogonales (C1) se estableció que los tratamientos con inoculación de MVA presentaron diferencias altamente significativas con respecto aquellos tratamientos en los cuales solo se les aplicó fósforo sin inoculación de micorrizas. De acuerdo con los resultados obtenidos en este ensayo. Algunos autores como Howeler, Sieverding (1982), Abbott y Robson (1982) afirman que la efectividad de las micorrizas en cuanto a viabilidad para infectar los pelos radicales se reducen cuando se aplican altas cantidades de fertilizantes fosforados y nitrogenados; ello se debe a que la aplicación reiterada de tales productos, condicionan la selección de los hongos adaptados a la formación de la MA en suelos fértiles o fertilizados.

El alto o bajo grado de infección depende de un lado por la densidad de las raíces e infectividad del suelo y de otro por déficit nutritivo de la planta, que a su vez depende de la especie vegetal y la disponibilidad de nutrientes en el suelo, Mosse (1982, 1984). Al comparar las diferentes especies de micorrizas, sin adición de fósforo, se encontró que entre la especie de *GLomus sp.* y *Acaulospora*, (C6) no se presentaron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de infección, igual sucedió al comparar las especies de *GLomus sp.* y *G. fasciculatum* (C7) tampoco mostraron diferencias al momento de colonizar la planta y en cuanto a *Acaulospora* y *G. fasciculatum* (C8) como en los dos casos anteriores los resultados de infección fueron similares, mostrando así la no existencia de alguna efectividad entre estas especies de hongos MA utilizados, en la comparación de promedios de tratamientos el T4 presentó el mayor porcentaje de infección con 31% (Figura 1).

El porcentaje de infección, utilizando o no micorrizas (C5) estableció que los tratamientos con la aplicación de HMA presentaron mayor grado de infección (19.88%) con respecto aquellos a los cuales no se les inoculo HMA (14.95%) pudiéndose observar diferencias estadísticas significativas entre estos tratamientos.

En el presente ensayo se encontró infección aun en los tratamientos no inoculados, lo que permite establecer la presencia de cepas nativas en el suelo natural que de una u otra forma manifestó su función en las variables establecidas. Al respecto según Azcón y Barea (1984), en ensayos realizados con hongos micorrizicos introducidos, estos cooperan de modo activo con las micorrizas nativas provocando un incremento aproximado del 160% en cosecha, pero desde el punto de vista práctico, la introducción de micorrizas arbusculares mejora la nutrición e infección de las plantas.

En relación al porcentaje de infección al realizar comparaciones entre las diferentes especies de micorrizas las cuales han sido fertilizadas con dosis de 50 kg de P/ha, en los contrastes C6 y C8, las especies comparadas no muestran diferencias estadísticas entre ellas, en cambio en el contraste (C7), se encontró que las cepas *GLomus sp.* fueron más efectivas que las de *G. fasciculatum*. Esto corrobora lo expresado por Howeler (1983) quien manifiesta como unas cepas son más adaptables, mientras que otras son más específicas para ciertas condiciones edafo-climáticas.

Al respecto Mosquera (1984), hace referencia que al inocular una cepa de micorrizas seleccionada aumento el porcentaje de infección de raíces tanto en suelo esterilizado

como en suelo natural aumentado la producción de materia seca, peso de número de vainas y extracción de fósforo.

Sieverding (1991), afirma que *GLomus sp*, esta clasificado dentro de los hongos formadores de micorrizas más competitivos y efectivos, ayuda a tomar el fósforo; aumentar la longitud de raíz , el porcentaje de colonización es bueno, tolera aplicaciones de fertilizantes fosforados y su máxima efectividad se encuentra en suelos con pH entre 5.0-6.0.

Por otro lado Ceron y Larrañaga (1984) manifiestan que la infección radical, está relacionada con los parámetros de producción y crecimiento, encontrando resultados, al igual que este ensayo donde la especie más efectiva fue *GLomus* por su mejor adaptación a condiciones climáticas y suelo donde se realizó la investigación.

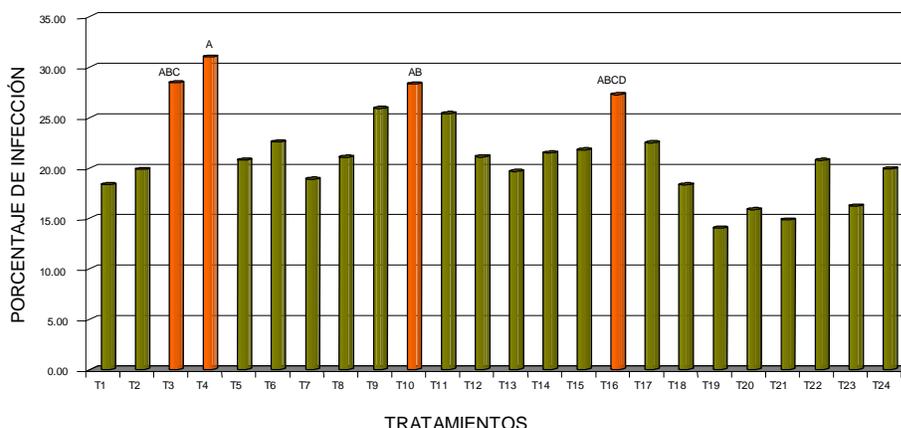
Se podría concluir entonces que la inoculación de las plantas de cacao con micorrizas debe ir acompañada de la aplicación de ciertas dosis de fertilizantes fosfatados, cuando este elemento está muy bajo en el suelo. Aunque en general se sabe que la fertilización con altas dosis de P disminuye la colonización con micorrizas (Bolan y Abbot, 1983 y Bolan, 1991), también existen evidencias que señalan que cuando el P del suelo es muy bajo, la aplicación de una dosis moderada de fertilizantes puede mejorar la acción de las micorrizas (Bolan, 1991).

Cuando se realizaron las comparaciones entre las diferentes cepas de micorrizas en sustratos que contenían 500kg de P/ha, en los contrastes C9, C10 y C11 que aparecen descritos en la Tabla 4 se encontró que los tratamientos comparados, en cada contraste, presentan resultados similares, no difieren estadísticamente entre ellos, las cepas de estos hongos mostraron igual infectividad ante las excesivas aplicaciones de fósforo.

Al realizar la comparación de tipo de suelo utilizado (C12), se encontró que no hubo diferencias estadísticas en cuanto al porcentaje de infección, la respuesta fue igual en el suelo esterilizado y suelo sin esterilizar (Figura1); esto nos indica la riqueza de micorrizas nativas que este suelo posee, sin embargo la mayor colonización se dio en el suelo sin esterilizar, posiblemente este es más eficiente por proporcionar un mayor inoculo, ya sea el que se encuentre en el suelo sin esterilizar o el que se aportó como inoculante.

Cuenca *et al.*, (1998) al trabajar con suelos estériles inoculados con HMA encontraron que en suelo irradiados, el efecto de la infección puede estar enmascarada por la liberación de nutrientes en los primeros meses de desarrollo, pero después ocurre un incremento significativo en la producción y contenido de fósforo en las plantas micorrizadas.

**Figura 1. Porcentaje de infección para las diferentes cepas de micorrizas y diferentes dosis de fósforo en plantas de cacao en estado juvenil en el municipio de Tumaco, Nariño.**



**Altura en las plantas (cm).** El análisis de varianza para determinar la altura en plantas de Cacao mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre los diferentes tratamientos. Los contrastes ortogonales (C1) realizados para esta variable permitieron observar que al comparar los tratamientos a los cuales se les inoculo HMA sin aplicación de fósforo en relación a los tratamientos a los cuales solo se les aplico fósforo no difirieron estadísticamente y presentaron resultados similares en cuanto al incremento en altura.

Al respecto Mosse (1984) afirma que el mejoramiento en el crecimiento, debido a la micorrización depende de la cantidad de fósforo aprovechable en el suelo y de la especie de la planta, pero existen dos factores que indican claramente, de cómo esa respuesta se debe al aumento en la toma de fósforo, como son: por una parte la concentración de fósforo en la planta micorrizada por lo general es mayor, con relación a la no micorrizada. Por la otra, la micorrización y la adición de fósforo tiene un efecto similar en el crecimiento.

Comparando cada una de las especies en condiciones donde no se realiza fertilización fosfórica C2, C3, C4, se encontró que los tratamientos estadísticamente son similares en cuanto a incremento a la altura, sin embargo se encuentra que el género *Acaulospora* en comparación a *GLomus sp.* y *G. fasciculatum* bajo estas condiciones de fertilidad de suelo es más efectiva presentando mayores promedios pero que estadísticamente no son representativos.

Los contrastes ortogonales establecidos (C5) permitieron ver que los tratamientos con inoculación de HMA mostraron mayor incremento en altura con promedios de 45.94cm con respecto a los tratamientos a los que no se le inoculo HMA, los cuales presentaron promedios de 35.93cm que estadísticamente son diferencias altamente significativas.

Aquí se aprecia que el efecto de la micorriza sobre el crecimiento de la planta es positivo, lo que puede atribuirse a los efectos positivos en la mineralización y/o solubilización de nutrientes de la rizosfera y en la traslocación y eficiencia en el uso de los nutrientes, lo que coincide con lo planteado por Hernández, Sieverding y Espig (1998) los que encontraron respuestas en altura y diámetro del tallo de plantas de café

y té, cuando fueron inoculadas con hongos MA, respecto a los no inoculados. De igual manera, Peña y Bolaños citados por Escobar y López (1996), afirman que al inocular arveja *Pisum sativum* con HMA, obtuvieron incremento en la altura superior al testigo sin inoculación.

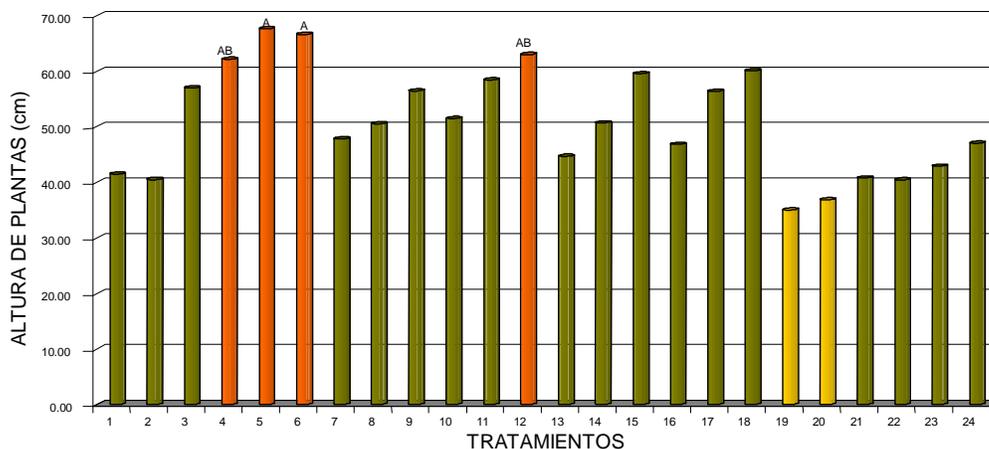
Cuando se comparó *GLomus sp.* + 50 kg de P/ha y *Acaulospora* en la misma dosis (C6) se encontró que no presentaron diferencias estadísticas en cuanto al incremento en la altura. De igual manera sucedió cuando se comparó *GLomus sp.* + 50 kg de P/ha y *G. fasciculatum* + 50 kg de P/ha (C7); y tampoco cuando se compara a *Acaulospora* + 50 kg de P/ha y *G. fasciculatum* + 50 kg de P/ha. (C8), se puede concluir entonces que en este ensayo, al comparar las diferentes cepas de micorrizas introducidas, bajo una fertilización moderada de P, la respuesta es similar en cuanto al incremento en altura. De igual manera, cuando se comparó a cada una de las especies en una más alta dosis fósforo (500 kg de P/ha), los contrastes C9, C10 y C11 demostraron que entre las diferentes especies de hongos MA utilizados no existen diferencias significativas.

Las comparaciones para los tratamientos donde se utilizó suelo sin esterilizar y suelo esterilizado, (C12) se puede observar que no difieren estadísticamente y que el incremento de altura para las plantas en estas condiciones fue similar en suelo natural y suelo esterilizado, en la comparación de promedios individuales, los tratamientos T5 y T6 presentaron las mayores alturas con *GLomus sp.* + 500 kg de P/ha en suelo estéril y suelo sin esterilizar fueron los mejores con 67.63cm y 66.58cm respectivamente (Figura 2).

Al respecto Burckhardt y Holower (1984) encontraron que al inocular cepas de hongos MA, en suelos esterilizados y sin esterilizar, para determinar el crecimiento de la yuca en suelos de Mondomo Cauca, esta no fue muy significativa; similarmente Cano y Santana (1982) no encontraron respuesta de la inoculación con HMA en las plantas de crisantemo, los parámetros medidos reportaron resultados no significativos como lo encontrado en este ensayo, ellos aluden que el efecto benéfico de las micorrizas se enmascaró debido, posiblemente a los altos niveles de fósforo presentes en el suelo, a la presencia de las micorrizas nativas en los tratamientos inoculados y/o que algunas esporas resultaron ser resistentes a la esterilización del suelo.

Los resultados obtenidos al evaluar ésta variable pueden estar determinados por las características fisiológicas y genéticas de la planta, es decir, puede o no existir una correlación positiva entre la extensión intrarradical y la respuesta de la planta, tal como lo afirma Cardoso (1986) que se puede decir que las MA, en la mayoría de los casos estimulan el crecimiento vegetal como una consecuencia de su efecto sobre la nutrición mineral del hospedero, fundamentalmente debido al incremento en la absorción de fósforo. Por otra parte la longitud de la parte aérea se puede ver afectada por problemas de equilibrio de nutrientes en los suelos, tal como lo afirma Sánchez de Prager (1999).

**Figura 2. Altura de plantas de cacao alcanzada con la inoculación de las diferentes cepas de micorrizas y diferentes dosis de fósforo en estado juvenil en el municipio de Tumaco, Nariño.**



**Porcentaje de absorción de fósforo en la parte aérea.** En el análisis de varianza para determinar estadísticamente la cantidad de absorción de fósforo de los diferentes tratamientos, se presentan diferencias altamente significativas para esta variable. Cuando se comparó la adición de fósforo con la inoculación de HMA, se encontró que existen diferencias altamente significativas en cuanto al incremento de absorción de fósforo por parte de los tratamientos a los cuales aplico fósforo.

Aquí se demuestra, que tal vez la mayor aplicación de fósforo interfirió de manera directa en la absorción de este elemento por parte de la planta, debido a que en el suelo donde se realizó este ensayo, no debió haber la suficiente cantidad de este elemento aprovechable para las micorrizas. Al respecto Benavides (1986) afirma que el mayor rendimiento en la toma de nutrientes, depende de la cantidad de fósforo aprovechable en el suelo, de la fertilización y de la especie de la planta. En cuanto a eficiencia de las diferentes especies de micorrizas al momento de la captación de fósforo (C2, C3, C4), se encontró que el género *GLomus sp.* presentó mayores porcentajes estadísticamente significativos (0.135%) en relación a la eficiencia de *Acaulospora* (0.130%) y *G. fasciculatum* (0.115%).

Al realizar los contrastes ortogonales (C5) se pudo establecer que los tratamientos con aplicación de MVA presentaron una mayor concentración de fósforo foliar (0.126%) que aquellos en los cuales no se les aplico HMA, diferencia que se considera altamente significativa. De acuerdo con los resultados obtenidos, existe la posibilidad de que la inoculación de cepas puras de hongos micorrizógenos, pueden estimular una mayor absorción de nutrientes, específicamente del fósforo. Dicha reacción puede deberse, de acuerdo con Saif (1985) a que las micorrizas pueden aumentar la capacidad de la planta para absorber nutrientes y por lo tanto, las plantas tienen mayor desarrollo logrando con este sistema radical más amplio. Esto no sucede con la micorriza nativa, la cual es poco efectiva posiblemente a un antagonismo de las especies que intervienen en la simbiosis y a la baja concentración del inoculo en las condiciones naturales.

Saif (1985) encontró que la sola aplicación de estos hongos incrementó el contenido de P en las hojas unas 20 veces en comparación con el control no micorrizado y el de

nitrógeno unas cinco veces y la combinación de las micorrizas con la fertilización con SPT (100 kg/ha) incrementó aún más los valores. Contradictoriamente Benavides (1986) afirma que cuando se adiciona suficiente fósforo al suelo, no existe una marcada diferencia entre las plantas micorrizadas o no, aunque las plantas micorrizadas pueden tener un mayor porcentaje de fósforo en el tejido.

Al comparar las diferentes especies de micorrizas, cuando se adicionó 50 kg de P/ha (C6), se encontró que entre el género *GLomus sp* y *Acaulospora*, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la absorción de fósforo. En cambio al comparar las especies de *GLomus sp.* y *G. fasciculatum*, (C7) encontramos diferencias estadísticas significativas con promedios de 0.22 y 0.20% para cada una de ellas respectivamente.

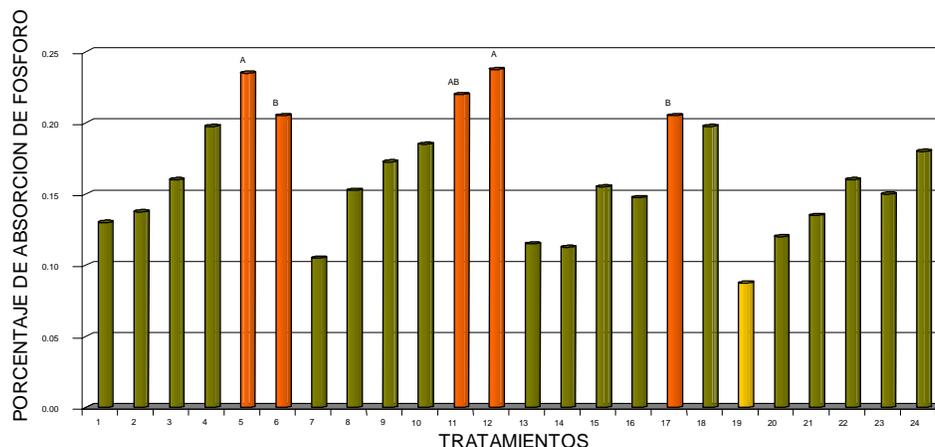
Al comparar a *Acaulospora* y *G. fasciculatum* C8 también encontramos diferencias significativas entre las dos. Se puede inferir entonces que en estas condiciones de fertilidad de suelo las especies de *Acaulospora* (0.23%) y *GLomus sp.* (0.22%) son más efectivas respecto a *G. fasciculatum*. Cuando comparamos las diferentes especies formadoras de micorrizas adicionándoles una mayor cantidad de fósforo (500 kg P/ha) encontramos que como en el caso anterior que entre las especies de *GLomus sp.* y *Acaulospora* C9 no existen diferencias estadísticas. En cambio *GLomus sp.* fue superior a *G. fasciculatum* (C10) y *Acaulospora* al igual mostró mayor eficacia que *G. fasciculatum* (C11), en las comparaciones de promedios individuales los tratamientos T5 y T12 presentaron los mayores acumulaciones de P con 24% cada uno (Figura 3).

Para esta variable podríamos argumentar que en condiciones de escasez de fósforo, *GLomus sp.* presenta mayor eficiencia en cuanto a la absorción del fósforo y si las condiciones de fertilidad mejoran, la especie de *Acaulospora* se vuelve más efectiva que *GLomus sp.* y *G. fasciculatum*. Según Mosse (1982) las especies de micorrizas difieren considerablemente en su capacidad para extraer fosfato del suelo y muchas veces su efectividad se estimula con la adición de cantidades moderadas de este elemento.

Cuando se comparó los diferentes tratamientos en suelo estéril y suelo sin esterilizar (C12), la absorción de fósforo por las plantas se ve más favorecida en suelos no esterilizados y las diferencias son significativas para este tipo de suelo, lo cual podría deberse a que las micorrizas nativas e introducidas en conjunto estarían contribuyendo a que la planta absorba de una forma más eficiente el fósforo; y por ende el desarrollo de las micorrizas introducidas en suelo estéril no este siendo el más efectivo en cuanto a esta variable.

Gironza y Mamian (1988) manifiestan que en ensayos realizados en granadilla *Pasiflora ligularis* esta se desarrollo deficientemente cuando el suelo se esterilizaba y se inoculaba. La materia seca, altura de plantas y porcentaje de absorción de fósforo se incrementaron significativamente en suelo natural. Similares respuestas obtuvimos en este ensayo.

**Figura 3. Porcentaje de absorción de fósforo de plantas de cacao alcanzado con la inoculación de las diferentes cepas de micorrizas y diferentes dosis de fósforo en vivero en el municipio de Tumaco, Nariño.**



**Peso de la materia seca en la parte aérea (g).** En el contraste donde se aplicó micorrizas y el grupo donde se aplicó P (C1) no presentaron diferencias estadísticas significativas con 19.17g y 20.97g respectivamente. En cuanto al comportamiento de las diferentes especies de micorrizas en el incremento de la materia seca de la parte aérea (C2, C3 y C4), se encontró en la comparación de grupos de tratamientos C2 que entre *GLomus* y *Acaulospora* no se presentaron diferencias estadísticas significativas con 20.18g y 20.93g, de igual manera entre *GLomus* y *G fasciculatum* (C3) con 20.18g y 21.81g respectivamente.

En la comparación de *Acaulospora* y *G. fasciculatum* (C4) no se presentaron diferencias estadísticas significativas con 20.93g y 21.81g respectivamente. Al analizar el contraste (C5) sin aplicación de micorriza y aplicación de micorrizas no se presentaron diferencias estadísticas significativas con 17.21g y 20.97g.

Al comparar las diferentes especies de micorrizas, cuando se adicionó 50 kg de P/ha (C6, C7 y C8), el contraste de *GLomus* sp y *Acaulospora* (C6), se presentó diferencias estadísticas significativas con 28.14g y 30.91g respectivamente. En cambio al comparar las especies de *GLomus* sp. y *G. fasciculatum* (C7) no se presentaron diferencias estadísticas significativas con promedios de 28.14g y 23.33g respectivamente. En la comparación de promedios (Figura 12) los tratamientos T4, T3 y T15 presentaron los mayores promedios con 28.67g, 27.11g y 27.91g respectivamente.

Al comparar a *Acaulospora* y *G. fasciculatum* y la aplicación de 50 kg de P/ha (C8) no se encontraron diferencias significativas entre estas con 30.91g y 23.33g. En la comparación de promedios de tratamientos, *Acaulospora* + 50 kg de P/ha en suelo estéril (T9) presentó el mayor porcentaje de acumulación de materia seca con 32.09g.

Cuando comparamos las diferentes especies de micorrizas adicionándoles una mayor cantidad de fósforo (500 kg P/ha) en la comparación de cepas de *GLomus* sp. y *Acaulospora* (C9) no se presentaron diferencias estadísticas con 35.99 g y 32.68 g respectivamente. En la comparaciones de *Acaulospora* + 500 kg de P/ha en suelo sin

esterilizar y *GLomus* + 500 kg de P/ha en suelo estéril (T12 y T5) presentaron los mayores valores con 39.99g y 40.17 g respectivamente.

En la comparación entre *GLomus* sp. y *G. fasciculatum* (C10) no se presentaron diferencias estadísticas significativas con 35.99 g y 33.97g respectivamente. En la comparaciones de promedios *GLomus* + 500 kg de P/ha en suelo estéril (T5) presentó los mayores valores con 40.17g. En la comparación entre *Acaulospora* con 500 kg de P/ha y *G. fasciculatum* + 500 kg de P/ ha (C11) no presentó diferencias estadísticas significativas con 32.68 g y 33.97 g respectivamente, en la comparación de promedios de tratamientos los mayores fueron el *Acaulospora* con 500 kg de P/ha en suelo sin esterilizar y *G. fasciculatum* 500 kg de P/ha en suelo sin esterilizar (T12 y T18) con 32.68 g y 33.97g respectivamente.

Cuando se comparó el suelo estéril y el suelo sin esterilizar con inoculación de las diferentes cepas de micorrizas (C12) no se presentaron diferencias estadísticas significativas; en la prueba de comparaciones de promedios de tratamientos del tratamiento *G. fasciculatum* (T14) presentó el mayor peso de materia seca valor con 27.22 g. Finalmente, la comparación de los tratamientos sin micorriza y diferentes dosis de fósforo en suelo estéril y suelo sin esterilizar (C13) no presentó diferencias significativas estadísticamente con 18.45 g y 19.88 g, al realizar la prueba de promedios los tratamientos T21, T23 y T24 (50, 500 y 500 kg de P/ha) presentaron los mayores pesos de materia seca con 21.16 g, 19.49 g y 20.28 g cada uno.

La materia seca en las plantas de cacao, presentó valores importantes, esto se pudo deber a una variación genética, una mayor actividad hormonal debido al efecto de los hongos formadores de micorriza de mejor absorción de agua o en mejoramiento de las relaciones hídricas del cultivo, (Borie y Barea, 1991). De igual manera, al realizar cada uno de los contrastes ortogonales, no se encontró diferencias estadísticas para los diferentes tratamientos comparados, aludiendo este hecho, a que tal vez la micorriza este contribuyendo a que la planta resista condiciones adversas del medio en las cuales se desarrolló el ensayo debido a la alta precipitación durante el periodo de evaluación y no se afecte así el incremento en el peso seco de la parte aérea.

Kvut y colaboradores (1985) afirman que la distribución de la materia seca de la planta es el producto de procesos complejos de desarrollo, lo cual dependen entre otras cosas de la suplementación de asimilados y distribución de hormonas activas de crecimiento así como de factores ambientales como radiación, temperatura y suplementación de nutrientes.

En investigaciones realizadas por Diederichs y Moawad (1993) bajo condiciones ambientales controladas, concluyeron que un exceso o deficiencia de humedad en el suelo puede producir notables cambios en la eficiencia, infectividad y el funcionamiento de estos microorganismos en la zona rizosférica de las plantas. Smith y Read (1997), plantean que el sistema micorrízico es muy complejo y puede estar influenciado por diferentes variables no muy bien definidas pero con interacciones muy ligadas a la simbiosis.

Escobar y López (1996), inoculando micorrizas en diferentes variedades de Trigo no encontraron diferencias estadísticas para las variables; índice de cosecha y porcentajes de vaneamiento, argumentado que esta situación podría haberse dado al igual que en este ensayo por condiciones adversas del medio. Forero *et al.*, (1999) reportan que los excesos de humedad limitan el establecimiento y desarrollo de la

simbiosis, la temperatura y la luminosidad afectan dependiendo del hongo, el género y hospedero.

**Peso de la materia seca en la parte de la raíz (g).** En el análisis de varianza para determinar estadísticamente el peso de la materia seca de la parte de la raíz entre los diferentes tratamientos, se encontraron diferencias significativas. Similarmente con los resultados obtenidos en la parte aérea, no se encontró diferencias estadísticas entre los grupos de tratamientos comparados, excepto en el contraste C9 donde se compara la especie de *GLomus* y *Acaulospora* a una alta dosis de fertilizante fosforado (500 kg P/ha); los tratamientos presentaron diferencias estadísticas, con promedios de 20.22 y 17.84, demostrando la superioridad de *GLomus*.

Sánchez de Prager, citada por Forero *et al.*, (1999) indican que las HMA no sólo incrementan la biomasa vegetal sino que también influyen la proporción a la cual esta se distribuye en la parte aérea y la raíz; así mismo algunos resultados encontrados, en general, manifiestan poco efecto de las micorrizas sobre el crecimiento de las plantas y biomasa vegetal, cuyo efecto puede ser transitorio. Esto se pudo dar probablemente debido a la competencia entre planta y hongo por fotosintatos en los estados iniciales de la infección, cuando el hongo consume sin aportar beneficios o simplemente por las condiciones del invernadero.

Algunas consideraciones que podrían explicar ciertos resultados bajos observados en este ensayo, pueden estar ligadas a la baja efectividad de las especies involucradas.

Tal como lo afirman Bonetti (1984), Cardoso *et al.*, (1992) y Cardoso (1986), quienes dan soporte a ésta investigación, ya que estos autores encontraron grandes variaciones en el peso de la materia seca, porcentaje de colonización, y cantidad de nutrientes en la planta, cuando se utilizaron diferentes especies de hongos HMA.

## CONCLUSIONES

La cepa de micorriza más infectiva fue *GLomus* cuando se inoculó con 50 kg de P/ha, (T4) presentando un 31% de infección, en comparación con los tratamientos sin inoculación de micorrizas y sin aplicación de fósforo (testigo) (T19 y T21), con 14.04% y 14.85%.

La mayor altura de plantas de cacao fue alcanzada con *GLomus* y la aplicación de 500 kg/ha en suelo estéril y suelo sin esterilizar (T5 y T6) con 67,63 cm y 66.58 cm, en comparación con las menores alturas que fueron reportadas cuando no se aplicó micorriza ni fósforo (T19 y T20) con 35cm y 36.86cm.

Los tratamientos con *GLomus* y *Acaulospora* y la aplicación de 500 kg de P/ha (T5 y T12), presentaron los mayores acumulaciones de fósforo en tejido vegetal con 0.24%, en comparación con el testigo (T19) que reportó 0.09% de fósforo.

Los mayores pesos de la materia seca en la parte aérea fueron evidenciados en los tratamientos con *GLomus* y *Acaulospora* y la aplicación de 500 kg de P/ha (T5 y T12) y *G.fasciculatum* con la aplicación de 500 kg de P/ha (T18), con promedios de 40.17 g, 39.99 g y 38.39 g respectivamente, en comparación con los testigos sin inoculación de micorrizas y sin aplicación de fósforo (T20 y T22), con 15.38 g y 15.75 g.

En el tratamiento con *GLomus* y la aplicación de 50 kg de P/ha en suelo sin esterilizar (T4), se presentó la mayor acumulación de materia seca en las raíces con 24.98 g, en comparación con el testigo sin la aplicación de micorrizas ni fósforo en suelo sin esterilizar (T20), que reportó un promedio de 10.80g.

## BIBLIOGRAFÍA

ABBOT, L.K. and ROBSON, A.D. The role of vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture and the selection of fungi for inoculation. En: Victoria. Vol. 33. (1982). p. 389-408.

AZCON, G. y BAREA, J. Avances resistentes en el estudio de las micorrizas vesículo arbusculares II: Factores que afectan su formación y función, aplicaciones practicas en la agricultura. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 43 (56).1984.p. 943 - 958 pp

BENAVIDES, N. Las micorrizas y su papel en la naturaleza. *Ciencia y Tecnología (Colombia)* 2 (7): (1986). p. 1-171.

BOLAN, N. S. and L. K. ABBOTT. Seasonal variation in infectivity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in relation to plant response to applied phosphorus. *Aust. J. of Soil Res.* 21: (1983). p. 208-210.

BOLAN, N. S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil* 134: (1991) p. 189-207.

BONETTI, R. Efeito de micorrizas vesiculares arbusculares na nodulacao, crescimento e absorcao de fosforo e nitrogenio em siratro. En: *Revista Brasileira de Ciencia de Solo*. Vol. 8 (1984). p. 189 -192.

BORIE, F. y BAREA, J. M. Ciclo del fósforo II papel de los microorganismos y repercusión en la nutrición vegetal. *Anales de Edafología y agrobiología. España.* 41:(1991).p. 235 -238.

BURBANO, F. V. y URBANO, J. G. Efecto de la inoculación con micorrizas arbusculares en plantas de café (*Coffea arabica* L. var. Colombia), en la etapa de almácigo. Pasto, Colombia. 1992. 95 p. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

BURCKHARDT, E. y HOWELER, R. Efecto de las micorrizas en el crecimiento de la yuca, estudiado en ensayos de invernadero. En: XIV Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Suelos Ecuatoriales. Colombia: 1984, p. 158 -165.

CANO, R. y SANTANA L. Micorrizas en *Chysanthemum morifolium*. Tesis Fac. de Agronomía. Medellín. 1982. 108 p. Universidad Nacional de Colombia.

CARDOSO, E. Eficiencia de hongos micorrízicos vesículo – arbusculares em porta-enxertos de citros. En: Revista Brasileira de Ciencia do Solo. Vol. 10 (1986). p. 199 – 205.

CARDOSO, E.J.B.N. y M.R. Lambais. Aplicacoes práticas de micorrizas vesículo arbusculares (MVA). In Microbiologia do Solo. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Campinas, Brasil. 1992.

[CORREDOR, H. Micorrizas arbusculares, aplicación para el manejo sostenible de los agroecosistemas. 2002. www.turipana.com.co/.](http://www.turipana.com.co/)

CUENCA, G., De ANDRADE and G. ESCALANTE. Arbuscular mycorrhizae en the rehabilitation of fragile degraded tropical lands. Biol. Fertil. Soils 26:(1998). p. 107-111.

DIEDERICHS, C. y MOAWAD, A. The Potential of VA Mycorrhizae for plant nutrition in the tropics. Angew Bot. s.l. 1993. p. 91 – 96.

ERAZO, J. y ORTIZ, J. Determinación de la presencia de hongos formadores de micorriza vesículo arbusculae (MVA) en Laurel de Cera (*Myrica pubescens* H&B ex WILLD) en el municipio de San Pablo, Nariño, 2000, Pasto, 90 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestales). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

ESCOBAR B, B.A., y LOPEZ M, O.R. Efecto de la interacción fuentes de fósforo y HMA en la infección y en los componentes de rendimiento de tres materiales de trigo en Imués, Nariño. 1996, 65p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

FORERO, L. A., CHAVES, G. E. y UNIGARRO, A. E. Evaluación cuantitativa de hongos formadores de micorriza vesículo–arbuscular en malezas de clima medio. Pasto, VIPRI, Universidad de Nariño. 1999. 111 p.

GIRONZA, M. MAMIAN, R. Influencia de la inoculación con hongos MVA sobre el crecimiento del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt), lulo (*Solanum quitoense* Lam), curuba (*Passiflora mollissima* HBK) y granadilla (*Passiflora ligularis* L.) En la etapa de vivero. Pasto, Colombia, 1988.140 p. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias Agrícolas.

GUERRERO, F.E. Micorriza fundamentos biológicos y estado de arte. En: Guerrero, Ed. Micorrizas. Recurso biológico del suelo. Fondo FEN. Bogotá, Colombia. 1996. p. 1-46.

HERNÁNDEZ, M. I. SIEVERDING y ESPIG. Complementación de la nutrición mineral del tomate mediante el uso de biofertilizantes. IV Taller de Biofertilizante en los Trópicos. Programas y Resúmenes. XI Seminario del INCA. La Habana, Cuba. 1998 p. 192

HOWELER, R.H. Análisis del tejido vegetal en el diagnostico de problemas nutricionales: algunos cultivos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia. Cali: 1983. p. 28.

HOWELER, R.H y SIEVERDING, E. La importancia de las micorrizas en la absorción de fósforo por la yuca. En: XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo Ecuatoriales Vol 2. Palmira: 1982. p. 182-194

KVUT, J. *et al.*. Methods of growth analysis. In: Aguirre, M. J, ed, Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento del frijol *Phaseolus vulgaris* L. Tesis M. Sc. Chapingo, México, 1985. pp. 21-22. Instituto de enseñanza en investigación de ciencias agrícolas.

MOSQUERA, O. Influencia de la inoculación con micorrizas sobre la respuesta del frijol Carioca a la fertilización fosfórica In: SÁNCHEZ DE PRAGER, M y BRAVO, N. Investigaciones sobre micorrizas en Colombia Ed. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 1984. p. 209 -223.

MOSSE, B. Vesicular – arbuscular Mycorrhiza research for tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. Research Bull: 1982. p. 82

\_\_\_\_\_. Vesicular arbuscular mycorrhiza. In Sieverding, E., Sanchez de Prager, M., Bravo, N., eds. Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1984. pp. 5-10.

ORTEGA, L. y VALENCIA, N. Análisis del crecimiento y distribución del sistema radical del chontaduro (*Bactris gasipaes*) En: monocultivo para el fruto de Palmito en asocio con otros cultivos. Pasto, Colombia, 2004.70 p. Tesis Ing. Agroforestal. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias Agrícolas.

REYES, C. Cosecha y producción de chontaduro para palmito. En: CORPOICA, explotación de chontaduro para palmito. Memorias. Tumaco, 1993. p. 10 -23. Curso cualitativo de la palma de chontaduro. Memorias Tumaco, C. I. El Mira. 1997. p 63-68.

RUIZ, M. Uso de las micorrizas, el *Azobacter* y la fosforina como una alternativa de fertilización en Cuba. Resúmenes del IV seminario científico Técnico de INIVIT- Santo Domingo: INIVIT, 1992. p 5 -15.

SAIF, Uruhamn. Interacción Rhizobium – HMA en leguminosas tropicales. En: SIEVERIDING, E., SÁNCHEZ DE PRAGER, M. y BRAVO, N. Investigaciones sobre micorrizas en Colombia Ed. Universidad Nacional de Colombia, Palmira: 1985. 125 p.

SÁNCHEZ DE PRAGER, M. Endomicorrizas y Agroecosistemas. En: XVII Congreso de Fitopatología y Ciencias afines. ASCOLFI. Pineda, L.B. Ed. CIAT. Palmira. 1999. p. 81-92.

SIEVERDING, E. Vesicular -arbuscular mycorrhiza management in tropical agroecosystems. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, Bremer, Germany. 1991. p. 5 – 10.

SIEVERDING, E. y TORO, S. Evaluación cuantitativa y cualitativa de hongos formadores de micorrizas vesículo arbusculares en la región de Mondomo, Colombia, In Suelos Ecuatoriales. (Colombia). 16 (1), 1986. p. 109 -128.

SIEVERDING, E. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo – arbuscular en el laboratorio. CIAT, Cali, Colombia. 1983. 56 p.

SMITH, S. E. and D. J. READ. Mycorrhizal Symbiosis. 2da Edición Academic Press, Cambridge, 1997. 605 pp.

ZAMBRANO, M. Micorrizas arbuscular, biofertilizante que favorece el desarrollo de las plantas, programa biotecnología aplicada carrera de ciencias y producción agropecuario. Honduras. 2002. <http://www.fertiveria2.com/información-fertilización/artículos.micorrizas.html>.